

高氧处理对草莓采后腐烂和品质的影响

陈学红, 郑永华, 杨震峰, 马素娟, 冯 磊

(南京农业大学食品科技学院, 南京 210095)

摘 要: 为探索高氧处理对草莓防腐保鲜的效果, 该试验研究了 40%、60%、80% 和 100% O_2 及空气气流连续处理对“丰香”草莓在 5、16 d 贮藏期间果实腐烂和主要品质指标变化的影响。结果表明, 高氧处理对果实总酸、可溶性固形物含量及果实表面色泽无明显影响, 但 60%~100% 高氧处理可显著抑制草莓果实贮藏期间的腐烂, 且 O_2 浓度越高, 果实腐烂率越低, 以 100% O_2 处理对果实防腐的作用最大。60%~100% 高氧处理还可显著抑制果实失重, 保持较高的果肉硬度和维生素 C 含量。40% O_2 处理对草莓果实腐烂无显著影响。这些结果表明, 高氧处理在草莓果实采后防腐保鲜中具潜在的应用前景。

关键词: 草莓; 高氧处理; 腐烂; 品质

中图分类号: S379.2; S668.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0200-03

0 引言

草莓 (*Fragaria × A nanassa* Duchesne) 为浆果类, 果实色泽鲜红, 柔软多汁, 甜酸适口, 有特殊的香味, 是一种老幼皆宜的水果。但草莓含水高达 90%~95%, 组织娇嫩, 易受机械损伤和微生物侵染而腐烂变质。国内外对草莓果实的采后生理和贮藏已有较多研究, 贮藏中低温结合低 O_2 或高 CO_2 处理均可抑制草莓果实的腐烂, 尤其是 10%~20% 高 CO_2 对草莓采后防腐有显著的效果^[1]。但贮藏环境中 O_2 浓度过低或 CO_2 浓度太高均会造成果实的生理失调, 导致乙醛、乙醇等异味物质的积累, 对果实本身产生毒害并影响风味, 甚至促进果实腐烂的发生^[2]。因此, 寻求低 O_2 或高 CO_2 以外的其它采后处理技术, 以控制果实采后腐烂和保持其品质显得十分必要。高氧处理是近年来提出的一种新型食品防腐保鲜技术^[3,4]。已有一些研究表明, 高氧单独处理或高氧结合高二氧化碳处理可显著抑制果蔬腐烂病原微生物的离体生长^[5,6], 降低龙眼和甜樱桃果实内部乙醇的积累, 减轻果实腐烂的发生^[7,8]。本文研究了不同浓度高氧处理对草莓采后腐烂和品质变化的影响, 以探索高氧对草莓果实保鲜的作用, 为高氧气调贮藏技术在草莓保鲜中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

供试草莓“丰香”采摘于江苏省南京市江浦区, 并于当天运回实验室。选择无机械损伤、无腐烂和成熟度一致的果实, 预冷至 5℃ 后放入玻璃瓶中, 每瓶 3 kg 左右, 密封后在 $(5 \pm 1)^\circ C$ 下分别用 40%、60%、80% 和 100% O_2 及空气气流连续处理贮藏 16 d, 气流先通过蒸馏水瓶加湿, 流速为 40 mL/min, 每个处理重复 3 次。贮藏期

间定期取样测定以下指标。

1.2 失重率

称重法。失重率 = $[(\text{贮前果实质量} - \text{贮期测定果实质量}) / \text{贮前果实质量}] \times 100\%$

1.3 腐烂指数

以草莓果实表面出现水渍状病斑作为果实腐烂的判别依据。按果实腐烂面积大小将果实划分为 4 级: 0 级, 无腐烂; 1 级, 果面有 1~3 个小腐烂斑点; 2 级, 腐烂面积占果实面积的 25%~50%; 3 级, 腐烂面积大于果实面积的 50%。按下式计算腐烂指数:

腐烂指数 = $[(\text{腐烂级别} \times \text{该级果实数}) / (\text{最高腐烂级别} \times \text{总果实数})] \times 100$

1.4 其它指标测定

果实硬度: 用 FT-011 型果实硬度计 (探头直径为 8 mm, 意大利制造) 测定, 每次取 10 个果实, 每果取两个对称部位测定。

可溶性固形物含量: 用 WYT 型手持折光仪测定。

可滴定酸含量: 用碱滴定法, 结果以柠檬酸百分数表示。

维生素 C 含量: 用 2, 6-二氯酚法, 含量以 mg/(100 g) FW 表示。

果实表面颜色测定: 用 Minota CR-200 色差计测定 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 并计算得 Chroma 值。 L^* 表示明度, a^* 、 b^* 分别表示赤色度和黄色度。

结果统计分析: 采用 SAS6.12 进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 高氧处理对果实失重率和腐烂指数的影响

草莓果实在贮藏期间失重率和腐烂率呈上升趋势 (图 1)。在贮藏前 4 d, 高氧处理对果实失重率和腐烂率无显著影响。但 4 d 后, 60%~100% 高氧处理显著抑制果实失重率和腐烂率的增加 ($P < 0.05$), 且 O_2 浓度越高, 果实的失重率和腐烂率也越低。40% O_2 处理对果实失重和腐烂无显著影响。由于果实的蒸腾失水和呼吸消耗是草莓贮藏期间失重的主要原因, 60%~100% 高氧处理抑制果实的失重, 可能与其抑制果实的蒸腾和呼

收稿日期: 2004-02-04 修订日期: 2004-04-30

项目基金: 国家自然科学基金资助项目 (30170661)

作者简介: 陈学红 (1975-), 女, 南京 徐州市徐州工程学院, 221008

通讯作者: 郑永华 (1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事农产品贮藏加工研究。南京 南京农业大学食品科技学院, 210095, 221008。Email: zhengyh@njau.edu.cn

吸作用有关。

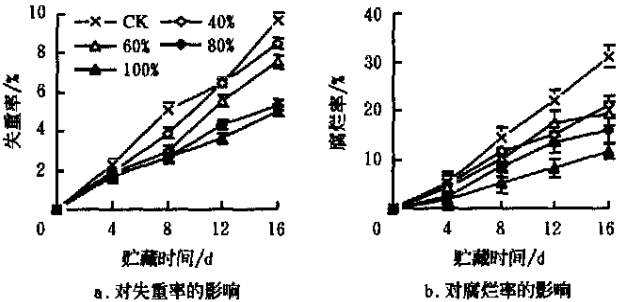


图 1 高氧处理对果实失重率和腐烂率的影响

Fig 1 Effect of high oxygen treatments on changes of fruit weight loss (a) and decay index (b)

2.2 高氧处理对果实硬度和可溶性固形物含量的影响

硬度是草莓果实主要品质指标之一,它和果实的后熟衰老密切相关。草莓果实在冷藏期间硬度呈下降趋势(图 2a)。60%~100% O₂ 处理可显著抑制果实硬度的下降 ($P < 0.05$),而 40% O₂ 处理对果实硬度变化无显著影响。草莓果实在贮藏期间,可溶性固形物在前 8 d 略有上升,随后下降。在贮藏前 12 d,不同浓度高氧处理对果实固形物含量变化无显著影响,但贮藏 16 d 后,60%~100% O₂ 处理果实的可溶性固形物含量显著高于对照和 40% O₂ 处理果实 ($P < 0.05$)。

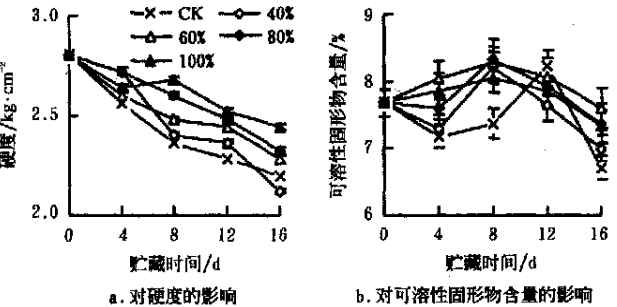


图 2 高氧处理对果实硬度和可溶性固形物含量的影响

Fig 2 Effect of high oxygen treatments on changes of fruit firmness (a) and total soluble solids (b)

2.3 高氧处理对果实维生素 C 和可滴定酸含量的影响

维生素 C 含量是评价草莓品质的重要指标。在整个处理期间,40% O₂ 处理果和对照果的维生素 C 含量均呈下降趋势,尤其是对照果维生素 C 含量下降迅速,而 60%~100% O₂ 处理果在前 4 d 维生素 C 含量略有增加。从第 4 d 开始,各处理果的维生素 C 含量均下降,但高氧处理果的维生素 C 含量均高于对照果,尤其是 100% O₂ 处理果的维生素 C 含量下降较慢(图 3a)。可见,高氧对维生素 C 的降解有显著的抑制作用。草莓果实在贮藏的前 4 d,可滴定酸含量略有上升,随后呈下降趋势,高氧处理对果实可滴定酸含量变化无显著影响(图 3b)。

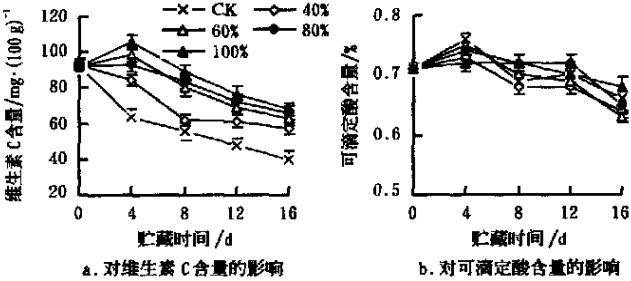


图 3 高氧处理对果实维生素 C 和可滴定酸含量的影响

Fig 3 Effect of high oxygen treatments on changes of vitamin C (a) and titratable acidity (b) contents

2.4 高氧处理对草莓果实颜色的影响

草莓果实表面颜色 L^* 、 a^* 、 b^* 及 Chroma 值在贮藏期间都呈先降后升趋势,不同浓度高氧处理对果实颜色各测定值的变化无显著影响,这说明高氧处理对草莓果实颜色变化的影响较小。

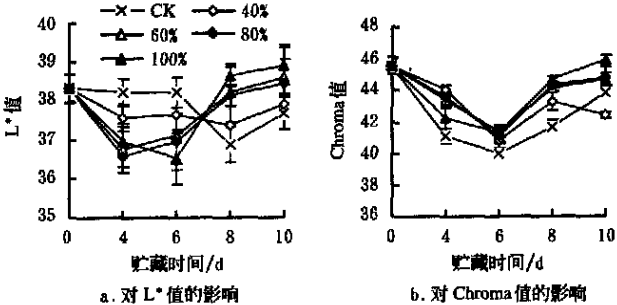


图 4 高氧处理对果实颜色 L^* 和 Chroma 值的影响

Fig 4 Effect of high oxygen treatments on changes of fruit color L^* (a) and Chroma (b) values

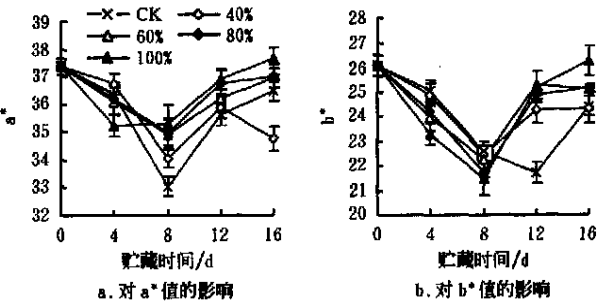


图 5 高氧处理对果实颜色 a^* 和 b^* 值的影响

Fig 5 Effect of high oxygen treatments on changes of fruit color a^* (a) and b^* (b) values

3 讨论与结论

3.1 讨论

本实验表明,不同浓度高氧处理对“丰香”草莓果实腐烂具有不同的影响。60%~100% O₂ 处理能显著抑制果实腐烂的发生,且 O₂ 浓度越高,果实腐烂指数越低,而 40% O₂ 处理对果实腐烂无显著影响,这与不同浓度高氧处理对“Camaro sa”草莓^[6]和蓝莓^[9]果实腐烂的影响相似。80%~90% O₂ 结合 10%~20% CO₂ 处

理也显著抑制‘Camaro sa’草莓在 8 下果实腐烂的发生^[10]。在龙眼和甜樱桃果实气调贮藏研究中发现, 70% O₂ 处理可显著抑制果实贮藏中腐烂的发生^[7,8]。这些结果表明, 适当浓度高氧处理可有效控制草莓等果实贮藏腐烂的发生, 有望成为取代传统化学杀菌剂的防腐保鲜新技术, 但高氧抑制果实腐烂的机理仍不清楚。高氧处理抑制果实腐烂是否与高氧条件下微生物体内活性氧产生增加, 促进膜脂的过氧化作用, 从而对病原微生物产生直接伤害有关, 或与高氧诱导果实本身抗病相关酶活性的提高和抗病相关物质的积累, 从而提高果实的抗病性有关, 尚待进一步研究证实。

本实验还发现, 不同浓度高氧处理对果实不同品质指标也产生不同的影响。60% ~ 100% O₂ 处理可显著抑制果实失重和果实硬度及维生素 C 含量的下降, 从而保持果实的感官和营养品质。Tian 等^[7]在龙眼上的研究发现, 70% 高氧处理对果实可溶性固形物含量无明显影响, 但可保持较高的维生素 C 含量。高氧处理抑制果实硬度的下降, 是否与高氧抑制细胞壁水解酶活性有关尚待进一步研究。在本研究中, 高氧处理对果实总酸含量无显著影响, 但可显著保持贮藏后期较高的可溶性固形物含量。而 Wszelaki^[6]和 Perez^[10]在‘Camaro sa’草莓上的研究发现, 高氧处理果实的总酸和可溶性固形物含量明显低于空气中贮藏的果实。由于糖和有机酸是果实的主要呼吸基质, 高氧处理对果实贮藏期间总酸和可溶性固形物含量产生不同的影响, 这可能与高氧对果实的呼吸作用产生不同的影响有关。

3.2 结论

1) 60% ~ 100% O₂ 处理可显著抑制草莓果实贮藏期间的腐烂, O₂ 浓度越高, 对果实腐烂发生的抑制作用也越大, 以 100% O₂ 对腐烂的抑制作用最大。因而高氧处理在草莓采后贮运病害控制中具有潜在的应用前景。

2) 60% ~ 100% O₂ 处理可显著抑制草莓果实贮藏期间失重率的增加和果实硬度及维生素 C 含量的下降, 从而起到保鲜作用, 而对果实总酸、可溶性固形物含量及果实表面色泽无显著影响。

3) 40% O₂ 处理对草莓果实贮藏期间腐烂发生和

主要品质指标变化无显著影响。

[参 考 文 献]

- [1] Li C, Kader A A. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1989, 114: 405- 407.
- [2] Kader A A. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres[J]. Acta Hort, 1995, 398: 59- 70.
- [3] Day B P F. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce[J]. Postharvest News and Information, 1996, 7: 31N- 34N.
- [4] Kader A A, Ben-Yehoshua S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables[J]. Postharvest Biol Technol, 2000, 20: 1- 13.
- [5] Amanatidou A, Smid E J, Gorris L G M. Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable associated microorganisms[J]. J Applied Microbiol, 1999, 86: 429- 438.
- [6] Wszelaki A L, Mitcham E J. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay[J]. Postharvest Biol Technol, 2000, 20(2): 125- 133.
- [7] Tian S P, Xu Y, Jiang A L, et al. Physiological and quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres in storage[J]. Postharvest Biol Technol, 2002, 24: 335- 340.
- [8] Jiang A L, Tian S P, Xu Y. Effects of controlled atmospheres with high-O₂ or high-CO₂ concentrations on postharvest physiology and storability of "Napoleon" sweet cherry[J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44: 925- 930.
- [9] Zheng Y H, Wang C Y, Wang S Y, et al. Effect of high-oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51: 7162- 7169.
- [10] Perez A G, Sanz C. Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits[J]. J Agric Food Chem, 2001, 49: 2370- 2375.

Effect of high oxygen treatments on fruit decay and quality of strawberries

Chen Xuehong, Zheng Yonghua, Yang Zhenfeng, Ma Sujuan, Feng Lei

(College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Freshly harvested strawberries (*Fragaria × ananassa* Duchesne) were placed in jars continuously ventilated with air or with 40%, 60%, 80% or 100% O₂ at 5 °C for 16 days to investigate the effects of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality during storage. While the quality parameters of titratable acidity, total soluble solids, surface color measurements were only slightly affected by the superatmospheric O₂ levels, treatments with 60% ~ 100% O₂ significantly inhibited decay incidence; there was a decrease in decay with an increase in oxygen concentration, the 100% O₂ treatment was most effective in controlling fruit decay. Fruits treated with O₂ concentrations of 60% or higher also exhibited significantly higher fruit firmness value, vitamin C content and less weight loss. The 40% O₂ treatment was ineffective in inhibiting fruit decay. Data obtained suggest that high oxygen atmospheres may provide a potential alternative for postharvest decay control on strawberry fruit.

Key words: strawberry; high-oxygen treatments; decay; quality